

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 janvier 2002 (17.01.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/05344 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/762, 21/20

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31/33, rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15^{ème} (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/02239

(72) Inventeur(s) et

(22) Date de dépôt international : 11 juillet 2001 (11.07.2001)

(75) Inventeur(s)/Déposant(s) (pour US seulement) : ASPAR,
Bernard [FR/FR]; 110 Le Hammeau des Ayes, F-38140
RIVES (FR). LAGACHE, Chrystelle [FR/FR]; Le Vieux
Lavoir, 49 rue de l'Isle, F-38340 VOREPPE (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataire : WEBER, Etienne etc.; c/o BREVATOMIE,
3, rue du Docteur Lancerœux, F-75008 PARIS (FR).

(26) Langue de publication :

français

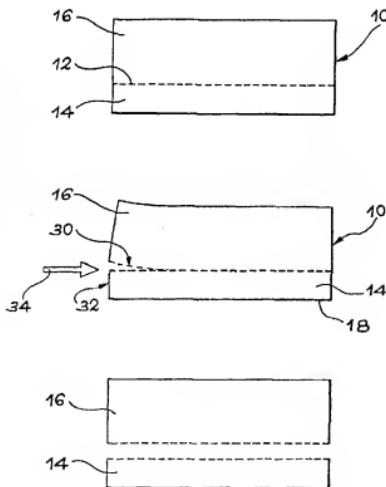
(30) Données relatives à la priorité :
00/09129 12 juillet 2000 (12.07.2000) FR

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CI, CN, CO, CR, CU, CZ,

{Suite sur la page suivante}

(54) Title: METHOD FOR CUTTING A BLOCK OF MATERIAL AND FOR FORMING A THIN FILM

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉCOUPAGE D'UN BLOC DE MATERIAU ET DE FORMATION D'UN FILM MINCE



(57) Abstract: The invention concerns a method for cutting a block of material (10) comprising the following steps: a) forming in the block a buried zone (12), embrittled by at least an ion-embedding step, the buried zone delimiting at least a surface part (14) of the block; b) forming at the embrittled zone at least an incipient cleavage (30, 36) using first separating means selected among inserting a tool, injecting a fluid, a heat treatment and/or ion implantation of an ionic species different from that inserted during the preceding step; and c) separating at the embrittled zone of the surface part (14) of the block a remaining part (16), called mass part, from the incipient cleavage (30, 36) using second means, different from the first separation means and selected among heat treatment and/or applying mechanical forces exerted between the surface part and the embrittled zone. The invention is useful for making micro-electronic, optoelectronic or micro-mechanical components,

(57) Abrégé : Procédé de découpage d'un bloc de matériau (10) comprenant les étapes suivantes : a) la formation dans le bloc d'une zone enterrée (12), fragilisée par au moins une étape d'introduction d'ions, la zone enterrée délimitant au moins une partie superficielle (14) du bloc; b) la formation au niveau de la zone fragilisée d'au moins une amorce de séparation (30, 36) par l'utilisation d'un premier moyen de séparation choisi parmi l'insertion d'un outil, l'injection d'un fluide, un traitement thermique et/ou l'implantation d'ions d'une

WO 02/05344 A1

{Suite sur la page suivante}



DE, DK, DM, DZ, BC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
 HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
 LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
 MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,
 TI, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
 LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien
 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TI, TM), brevet européen
 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IT, LU,
 MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CI, CG, CI,
 CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

espèce ionique différente de celle introduite lors de l'étape précédente, etc) la séparation au niveau de la zone fragilisée de la partie superficielle (14) du bloc d'une partie restante (16), dite partie massive, à partir de l'armure de séparation (30, 36) par l'utilisation d'un deuxième moyen, différent du premier moyen de séparation et choisi parmi un traitement thermique et/ou l'application de forces mécaniques s'exerçant entre la partie superficielle et la zone fragilisée Application à la fabrication de composants de microélectronique, d'optoelectronique ou de micro-mécanique.

PROCEDE DE DECOUPAGE D'UN BLOC DE MATERIAU ET DE
FORMATION D'UN FILM MINCE.

Domaine technique

5 La présente invention concerne de façon générale un procédé de découpage d'un bloc de matériau. Ce procédé peut être mis en œuvre en particulier pour la formation de films minces.

10 Les films minces, autoportés ou solidaires d'un substrat de support, sont largement utilisés dans les domaines de la micro-électronique, de l'optoélectronique et de la micromécanique. Ainsi, l'invention trouve des applications dans ces domaines, notamment pour la réalisation de composants ou de 15 circuits intégrés.

Etat de la technique antérieure

20 Comme évoqué ci-dessus, l'utilisation de couches minces est de plus en plus répandue pour des composants dont le fonctionnement ou le procédé de fabrication font appel à des propriétés physiques et 25 électriques particulières.

Les couches minces présentent une épaisseur qui est habituellement comprise entre quelques nanomètres et quelques micromètres. Elles permettent ainsi, par exemple, de mettre en œuvre des matériaux dont l'usage sous forme de substrat épais serait rédhibitoire pour des raisons de coût ou de compatibilité avec d'autres matériaux utilisés.

30 La compatibilité des matériaux peut aussi constituer un obstacle à la formation directe d'une

couche mince sur un substrat de support sur lequel elle est finalement utilisée. Un certain nombre de procédés ont été développés pour former initialement une couche mince sur un substrat source et pour transférer ensuite 5 la couche mince du substrat source vers un substrat cible.

Ces procédés ainsi que d'autres techniques connues relatives à la fabrication et au transfert de couches minces sont illustrés par les documents (1), 10 (2), (3), (4), (5), (6) et (7) dont les références complètes sont données à la fin de la présente description.

En particulier, le document (1) illustre la possibilité de former par implantation ionique une zone 15 fragilisée dans une plaque de matériau pour ensuite détacher une couche mince superficielle de la plaque au niveau de cette zone.

La séparation de la couche mince du substrat source est provoquée, ou tout au moins assistée, par 20 l'exercice d'un certain nombre de contraintes mécaniques ou thermiques. En particulier le découpage de la couche mince requiert un budget énergétique sous forme thermique et/ou mécanique, qui est lié notamment à la dose des espèces implantées pour former la zone 25 fragilisée.

La mise en œuvre des techniques de découpage et de transfert d'une couche mince, telle que décrite dans les documents mentionnés ci-dessus, peut être liée à un certain nombre de difficultés. Par exemple, l'usage de 30 certains matériaux à fort coefficient de dilatation thermique n'est pas compatible avec un traitement

thermique à trop forte température. Pour certains substrats il est également nécessaire de limiter la dose des espèces implantées soit pour préserver la couche mince soit pour des raisons économiques.

5 En outre, la mise en oeuvre de forces mécaniques pour séparer le substrat source de la couche mince, telle qu'évoquée ci-dessus en référence au document (7), permet également de réduire le budget thermique de fracture, notamment dans le cas où les 10 matériaux en contact présentent des coefficients de dilatation différents. L'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source et/ou le support cible n'est toutefois pas toujours possible, notamment lorsque les 15 matériaux mis en oeuvre sont fragiles, ou lorsque la zone de clivage n'est pas assez fragilisée par l'implantation ionique.

Finalement, les techniques de séparation et de transfert de couche mince, décrites ci-dessus, impliquent un certain nombre de contraintes et de compromis. Ces contraintes sont imposées en particulier par le type de matériaux utilisés pour constituer le substrat source, la couche mince et le support cible.

Exposé de l'invention

25 L'invention a pour but de proposer un procédé de découpage, permettant, en particulier, de former et de transférer des couches minces, qui ne présente pas les limitations évoquées ci-dessus.

30 Un autre but est de proposer un procédé de découpage pouvant être mis en œuvre avec un budget

énergétique réduit, et en particulier avec un budget thermique réduit.

Un but est encore de proposer un procédé économique dans lequel une éventuelle implantation 5 d'impuretés, destinée à former une zone fragilisée, peut être effectuée avec une dose réduite.

Pour atteindre ces buts l'invention a plus précisément pour objet un procédé de découpage d'un bloc de matériau, comprenant les étapes suivantes :

- 10 a) la formation dans le bloc d'une zone enterrée, fragilisée par au moins une étape d'introduction d'ions, la zone enterrée délimitant au moins une partie superficielle du bloc,
- 15 b) la formation au niveau de la zone fragilisée d'au moins une amorce de séparation par l'utilisation d'un premier moyen de séparation choisi parmi l'insertion d'un outil, l'injection d'un fluide, un traitement thermique et/ou l'implantation d'ions d'une espèce ionique différente de celle introduite 20 lors de l'étape précédente, et
- 25 c) la séparation au niveau de la zone fragilisée de la partie superficielle du bloc d'une partie restante, dite partie massive, à partir de l'amorce de séparation par l'utilisation d'un deuxième moyen, différent du premier moyen de séparation et choisi parmi un traitement thermique et/ou l'application de forces mécaniques s'exerçant entre la partie superficielle et la zone fragilisée.

La ou les amorces de séparation peuvent être 30 situées sur tout ou partie de la périphérie du bloc

et/ou sur des zones locales internes au bloc, et sont aptes à se propager dans la zone fragilisée.

L'invention repose sur le constat qu'il est possible de réduire notamment l'énergie globale à fournir au bloc (qu'elle soit d'origine thermique et/ou mécanique) pour la mise en œuvre d'un procédé de découpage, en formant une amorce de séparation avant la séparation proprement dite.

Les contraintes mécaniques éventuellement mises à profit pour la séparation peuvent être des contraintes appliquées depuis l'extérieur du bloc ou des contraintes internes présentes dans le bloc.

Bien que les étapes soient exécutées de préférence de façon successive dans l'ordre indiqué, il est possible, pour certaines applications tout au moins, d'exécuter les étapes a et b de manière concomitante. Par ailleurs, les étapes b et c peuvent également être concomitantes.

Selon une mise en œuvre particulière du procédé, destinée à la fabrication de couches minces, on peut former une zone fragilisée s'étendant de façon sensiblement parallèle à une face sensiblement plane du bloc, pour définir dans le bloc une partie superficielle sous la forme d'une couche superficielle mince.

On entend par face sensiblement plane, une face dont le plan moyen est plan, mais qui peut comporter des micro-rugosités de surface dont les valeurs de rugosité vont de quelques dixièmes de nanomètres à plusieurs centaines de nanomètres. Les inventeurs ont pu mettre en évidence qu'une implantation à travers une

surface présentant une micro-rugosité, par exemple d'une valeur RMS (valeur quadratique moyenne) de 10 nm, ne perturbe pas le mécanisme de fragilisation et la fracture subséquente. Cette constatation est 5 intéressante car cette rugosité est de l'ordre de grandeur de la rugosité de la face libre du film après transfert. Il est donc possible dans ces conditions de recycler plusieurs fois le même substrat sans recourir à un polissage de surface.

10 La zone enterrée fragilisée peut être formée avantageusement par implantation.

Il s'agit, par exemple, d'une implantation d'espèces gazeuses qui permet de former dans le bloc de matériau une fine couche de microcavités. Cette couche 15 délimite la partie superficielle à découper et fragilise localement le bloc de matériau.

On entend par espèces gazeuses des éléments, tels que l'hydrogène ou les gaz rares, par exemple, sous leur forme atomique (par exemple H), sous leur 20 forme moléculaire (par exemple H₂), sous leur forme ionique (par exemple H⁺, H₂⁺), sous leur forme isotopique (par exemple deutérium) ou sous leur forme isotopique et ionique.

Par ailleurs, on entend par implantation toute 25 technique d'introduction dans le bloc des espèces mentionnées ci-dessus, telles que le bombardement la diffusion etc.. Ces techniques peuvent être mises en œuvre individuellement ou en combinaison de plusieurs d'entre elles.

30 A titre d'illustration des techniques d'implantation, on peut se reporter aux documents cités

précédemment. Toutefois grâce à la formation d'une amorce de séparation, conformément à l'invention, les doses des espèces implantées pour former la zone fragilisée peuvent être réduites. Les doses réduites 5 permettent de moins perturber l'état de surface des couches minces, ou des parties découpées, et ainsi d'en contrôler la rugosité.

Selon un aspect particulier de l'invention on peut effectuer localement une implantation avec un 10 surdosage pour former l'amorce de séparation, le premier moyen de séparation correspond alors à un surdosage.

Cette possibilité est très intéressante dans la mesure où une implantation à forte dose n'a lieu que 15 dans une partie réduite du bloc de matériau. De plus, comme indiqué précédemment, une dose beaucoup plus faible peut être utilisée pour former la zone fragilisée.

L'amorce de séparation peut être formée dans un 20 même plan que la zone fragilisée comme une prolongation de cette zone. Si l'initiation de l'amorce est réalisée dans un autre plan que celui de la zone fragilisée, la propagation de l'amorce rejoint la zone fragilisée.

Plusieurs possibilités peuvent être retenues 25 pour la formation de l'amorce de séparation.

Selon une première possibilité, l'amorce de séparation peut être formée par une implantation ionique d'une espèce différente de celle retenue pour la formation de la zone fragilisée.

Selon une autre possibilité, on peut former 30 l'amorce de séparation par l'insertion dans le bloc

d'un outil. Le premier moyen de séparation correspond alors à l'insertion de l'outil.

Selon encore une autre possibilité, on peut former l'amorce de séparation par injection locale d'un fluide sur le bloc. Le premier moyen de séparation correspond alors à l'injection/de fluide.

Selon encore une autre possibilité on peut former l'amorce de séparation par un traitement thermique local du bloc. Le premier moyen de séparation correspond alors au traitement thermique local.

Dans une application du procédé de l'invention à la formation d'une couche mince, en fonction de son épaisseur, il est peut-être avantageux de la rendre solidaire d'un raidisseur avant l'étape c de séparation (voire même avant d'étape b). Le raidisseur peut être déposé à la surface du bloc de matériau, en contact avec la couche mince à découper, selon une quelconque technique de dépôt. Il peut aussi être rendu solidaire de la couche mince par adhésion moléculaire ou par collage au moyen d'un liant (colle).

Lorsqu'en revanche la couche mince ou la partie à découper est suffisamment épaisse ou est en un matériau suffisamment rigide pour ne pas se déchirer, la présence d'un raidisseur n'est pas indispensable. Dans la suite du texte, on désigne une partie ou une couche présentant une épaisseur ou une rigidité suffisantes pour ne pas se déchirer lors de la séparation, par partie ou couche "autoportée".

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés.

Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

Brève description des figures

5 - Les figures 1A à 1D sont des coupes schématiques d'un substrat et illustrent des étapes de découpage d'une couche mince, maintenue par un raidisseur, selon un procédé conforme à l'invention.

10 - Les figures 2A à 2C sont des coupes schématiques d'un substrat et illustrent des étapes de découpage d'une couche mince autoportée, selon un procédé conforme à l'invention.

15 - Les figures 3A à 3D sont des coupes schématiques d'un substrat et illustrent des étapes de découpage d'une couche mince, maintenue par un raidisseur, selon un procédé conforme à l'invention et constituant une variante par rapport au procédé illustré par les figures 1A à 1D.

20 Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

25 Dans la description qui suit, des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures sont repérées par les mêmes références, de façon à pouvoir se reporter plus facilement d'un mode de réalisation à l'autre.

30 Il convient, par ailleurs, de préciser que les différentes figures et les différentes parties des figures ne sont pas représentées selon une échelle homogène pour augmenter la lisibilité des figures.

La figure 1A montre un substrat 10 qui constitue un bloc de matériau, homogène ou non, tel qu'évoqué dans la description qui précède. Ce bloc peut être, par exemple, un lingot ou une plaquette de matériau semi-conducteur ou piézo-électrique ou encore ferroélectrique. Il peut être préalablement traité ou non. Dans le cas où le bloc est une plaquette de semi-conducteur traitée ou non, il s'agit par exemple d'un substrat de silicium.

10 Une implantation ionique d'hydrogène avec une dose de l'ordre de 7.10^{16} H⁺/cm² à une énergie de 100keV, par exemple, permet de former dans le substrat une zone fragilisée 12. Celle-ci s'étend sensiblement selon un plan parallèle à la surface du substrat par laquelle 15 les impuretés ont été implantées. Dans l'exemple de la figure les impuretés sont implantées par une face du substrat 18 qui est désignée dans la suite du texte par face superficielle. La zone fragilisée délimite dans le substrat 10 une couche mince superficielle 14 et une 20 partie massive 16. Selon les conditions d'implantation, il peut être intéressant de réaliser un traitement thermique pour augmenter la fragilisation. On peut procéder, par exemple, à un traitement thermique de deux heures à 350°C.

25 La figure 1B, montre le report de la face superficielle de la couche mince 14 sur un deuxième substrat 20 appelé substrat cible et qui peut constituer un raidisseur pour la couche mince. Il s'agit, par exemple, d'un substrat de silice fondu 30 appelé abusivement quartz.

La solidarisation de la couche 14 avec le substrat 20 peut être réalisée soit directement par adhésion moléculaire, soit comme représenté sur les figures 1 par l'intermédiaire d'au moins une couche de 5 matériau 22 disposée sur la couche mince et/ou sur le substrat. Dans ce dernier cas, la couche intermédiaire 22 est choisie soit pour favoriser l'adhésion moléculaire (par exemple du SiO₂) soit pour réaliser un collage adhésif (par exemple une couche de colle).

10 Dans le cas d'un collage moléculaire direct entre les faces à assembler des deux substrats, les substrats subissent, par exemple, un traitement de nettoyage chimique destiné à rendre hydrophiles les faces à assembler. Après la mise en contact des faces à 15 assembler, les substrats peuvent subir éventuellement un premier traitement thermique destiné en particulier à renforcer les forces d'adhésion et/ou à augmenter la fragilisation au niveau de la zone implantée. Ce traitement est effectué, par exemple, avec un budget thermique de l'ordre de 300°C pendant 2 heures.

20 La figure 1C, montre la formation d'une amorce de séparation 30 dans le substrat 10. L'amorce de séparation 30 s'étend depuis une face extérieure 32 du substrat 10, en l'occurrence une face latérale sur la figure, jusqu'à la zone fragilisée 12. L'amorce de séparation peut être provoquée par différents moyens, 25 représentés symboliquement sur la figure sous la forme d'une flèche avec la référence 34. Ces moyens peuvent comporter une injection d'eau, ou d'un autre fluide, ou 30 un outil, tel qu'une lame, insérés au niveau de la zone fragilisée.

Selon une autre possibilité, l'amorce de séparation peut être provoquée par une implantation ionique avec un surdosage limité à une région de bordure du substrat. Une telle région est représentée 5 sur les figures avec la référence 36.

Bien entendu, le surdosage peut être réalisé dans d'autres régions du substrat telles que, par exemple, une région centrale.

Dans ce cas, la formation de l'amorce de 10 séparation peut avoir lieu éventuellement lors d'une même étape d'implantation mise en œuvre également pour la formation de la zone fragilisée. Pour se rapporter à l'exemple numérique donné précédemment, la région 36 est surimplantée, par exemple avec une dose de 15 $9.10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$.

Selon encore une autre possibilité, une amorce de séparation peut être provoquée en surchauffant localement le substrat (par exemple à l'aide d'un laser ou d'une source chaude locale).

Il convient de remarquer ici que les termes 20 "amorce de séparation" désignent dans le cadre du présent exposé soit une région dans laquelle la séparation est déjà entamée, soit une région, particulièrement fragile, dans laquelle la séparation 25 sera entamée lors d'une étape ultérieure de séparation proprement dite.

Une flèche 34a en trait mixte indique la possibilité de former une seule ou une pluralité d'amorces de séparation.

30 La figure 1D montre une étape finale de séparation de la couche mince 14 et de la partie

massive 16 du substrat. La séparation peut être assistée par l'exercice de contraintes mécaniques, sous forme de pression, de forces de traction de cisaillement ou de pelage, et/ou par un traitement 5 thermique. A titre d'exemple, dans les conditions évoquées précédemment, on peut effectuer un traitement thermique de quelques minutes à 350°C pour obtenir la séparation totale. Le budget thermique mis en œuvre pour obtenir la séparation des parties tient compte des 10 traitements thermiques préalables, tel que, par exemple, un traitement thermique pour renforcer l'adhérence entre les substrats, ont été effectués. Dans tous les cas, ce budget thermique est réduit du fait de l'utilisation de l'amorce de séparation.

15 On obtient finalement une structure formée du substrat cible 20 à la surface duquel se trouve la couche mince 14.

20 La partie massive 16 du premier substrat peut être réutilisée pour le découpage ultérieur d'une autre couche mince. Elle peut éventuellement servir aussi comme substrat cible pour le support d'une autre couche mince d'un autre matériau.

25 Grâce au procédé illustré par les figures 1A à 1D, il est possible, par exemple, d'obtenir également des structures comportant sur un substrat de silicium des matériaux non semi-conducteurs tels que le LiNbO₃, le LiTaO₃ ou le SrTiO₃, par exemple. On peut aussi reporter des couches de matériaux semi-conducteurs III-V sur du silicium ou sur d'autres semi-conducteurs 30 III-V. Le procédé peut également être mis en œuvre pour

obtenir des substrats de type SOI (silicium sur isolant).

On donne ci-après, à titre d'illustration des paramètres de procédé pouvant être retenus pour la 5 fabrication d'un support SOI.

Lors de la première étape on effectue une implantation ionique d'hydrogène avec une dose de $7.10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$ à 100KeV dans une plaque standard de silicium oxydée en surface. Cette implantation permet 10 de définir une couche mince délimitée par une zone fragilisée. Un surdosage local à $9.10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$ est effectuée à la périphérie de la zone fragilisée. Le surdosage permet de former une amorce de séparation au sens de l'invention sur une longueur de 1 à 2 cm, 15 depuis le bord de la plaque dans le cas d'une amorce en bordure de plaque. Après le report de la plaque sur une autre plaque de silicium sur laquelle on fait adhérer la couche d'oxyde, on procède à un traitement thermique de séparation. On observe qu'un traitement de 4 heures 20 à 350°C permet d'obtenir une séparation qui se propage à partir de l'amorce sur l'ensemble de la zone fragilisée.

En l'absence de l'amorce de séparation, il serait également possible de provoquer la séparation. 25 Toutefois dans ce cas, un traitement thermique de 350°C pendant 11 heures serait nécessaire. Ceci montre la réduction importante du budget thermique imposé aux substrats, grâce à l'invention.

La figure 2A, qui illustre la première étape 30 d'une deuxième possibilité de mise en œuvre de l'invention, est identique à la figure 1A. On peut donc

se reporter à la description qui précède au sujet de cette figure.

La figure 2B illustre la formation d'une amorce de séparation 30. On observe que l'amorce 30 est 5 pratiquée sensiblement au niveau de la zone fragilisée 12 et que, par ailleurs, la surface 18 de la couche mince 14 est laissée libre.

La figure 2C montre l'étape finale de séparation qui est provoquée sans équiper la couche 10 mince 14 d'un raidisseur. Une telle mise en œuvre du procédé est adaptée en particulier à la formation de couches minces autoportées.

Les figures 3A à 3D montrent encore une autre possibilité de mise en œuvre du procédé. Les figures 3A 15 et 3B sont identiques aux figures 1A et 1B, de sorte que leur description n'est pas répétée.

La figure 3C, qui illustre la formation d'une amorce de séparation, montre que les moyens de séparation 34 peuvent être appliqués ailleurs qu'au 20 niveau de la zone fragilisée 12. Dans l'exemple de la figure 3C, un outil, tel qu'une lame est inséré sur un côté latéral 32 de la structure, au niveau de l'interface entre le premier substrat 10 et le substrat cible 20. L'outil est inséré par exemple au niveau de 25 la couche intermédiaire 22 lorsqu'elle existe. En raison de l'épaisseur relativement fine de la couche mince, par exemple inférieure ou de l'ordre de quelques μm , c'est-à-dire de la faible profondeur de la zone fragilisée dans le premier substrat 20, l'amorce de 30 séparation se propage à travers la couche mince pour venir rejoindre la zone fragilisée 12.

La figure 3D illustre la séparation finale qui se propage depuis l'amorce 30 sur l'ensemble de la surface de la couche mince en suivant la zone fragilisée.

5 Comme évoqué précédemment, la présence d'une amorce de séparation permet de réduire le budget thermique de la dernière étape et/ou permet de réduire la dose d'implantation de la zone fragilisée. En jouant sur ces deux paramètres, il est ainsi possible de 10 contrôler la rugosité de la partie massive 16 et surtout de la couche mince 14.

Une application particulière de l'invention est le découpage d'un bloc de matériau tel que tout ou partie d'une plaque qui a subi ou non d'autres 15 traitements tels que la fabrication de composants.

En particulier, l'invention peut être mise à profit pour le transfert de puces (chips, dies, sensors, optoelectronic devices, etc...)

20 DOCUMENTS CITES

- (1) FR-A-2681472 / US-A-5374564
- (2) FR-A-2773261
- (3) FR-A-2748851
- (4) FR-A-9909007
- 25 (5) US-A-5994207
- (6) EP-A-0925888
- (7) FR-A-2 748 851

REVENDICATIONS

1. Procédé de découpage d'un bloc de matériau (10) comprenant les étapes suivantes :
 - a) la formation dans le bloc d'une zone enterrée (12), 5 fragilisée par au moins une étape d'introduction d'ions, la zone enterrée délimitant au moins une partie superficielle (14) du bloc,
 - b) la formation au niveau de la zone fragilisée d'au moins une amorce de séparation (30, 36) par 10 l'utilisation d'un premier moyen de séparation choisi parmi l'insertion d'un outil, l'injection d'un fluide, un traitement thermique et/ou l'implantation d'ions d'une espèce ionique différente de celle introduite lors de l'étape 15 précédente, et
 - c) la séparation au niveau de la zone fragilisée de la partie superficielle (14) du bloc d'une partie restante (16), dite partie massive, à partir de 20 l'amorce de séparation (30,36) par l'utilisation d'un deuxième moyen, différent du premier moyen de séparation et choisi parmi un traitement thermique et/ou l'application de forces mécaniques s'exerçant entre la partie superficielle et la zone fragilisée.
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'amorce de séparation est formée sur tout ou partie de la périphérie du bloc et/ou sur des zones locales internes du bloc.
- 30 3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on forme une zone fragilisée s'étendant de façon

sensiblement parallèle à une face sensiblement plane du bloc, pour définir dans le bloc une partie superficielle sous la forme d'une couche superficielle mince.

5

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les étapes a) et b) sont concomitantes.

10 5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les étapes b) et c) sont concomitantes.

15 6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on effectue localement une implantation avec un surdosage pour former l'amorce de séparation (36).

20 7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel lors de l'étape c) on applique des forces mécaniques sous la forme de forces exercées depuis l'extérieur du bloc, et/ou de contraintes internes présentes dans le bloc.

25 8. Procédé selon la revendication 3, dans lequel, avant l'étape c), on met en contact la couche mince superficielle avec un raidisseur.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel on dépose sur la couche mince superficielle au moins une couche de matériau formant ledit raidisseur.

30

10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel on rend solidaire la couche mince superficielle d'un raidisseur par collage ou par adhésion moléculaire de contact.

5

11. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, après l'étape c), on réutilise la partie massive (16) du bloc de matériau, pour le découpage d'une nouvelle partie superficielle.

10

12. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, après l'étape c), on réutilise la partie massive du bloc de matériau (16), comme raidisseur pour la partie superficielle d'un autre bloc.

15

13. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, entre les étapes a) et b), on procède à un traitement thermique pour augmenter la fragilisation de la zone enterrée. ,

20

1/3

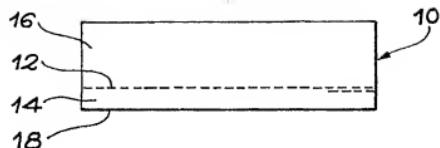


FIG. 1A

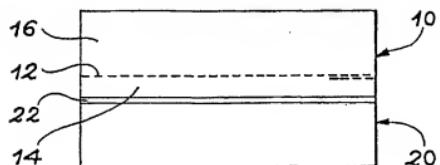


FIG. 1B

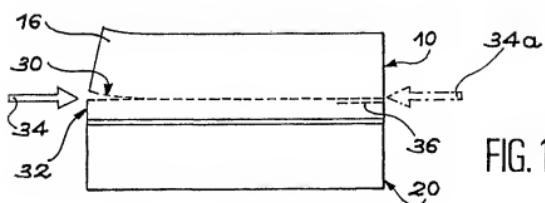


FIG. 1C

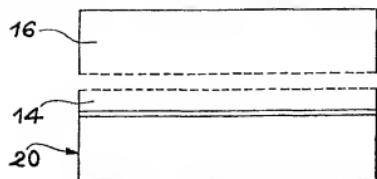


FIG. 1D

2/3

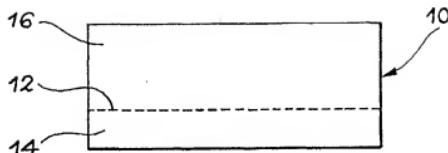


FIG. 2 A

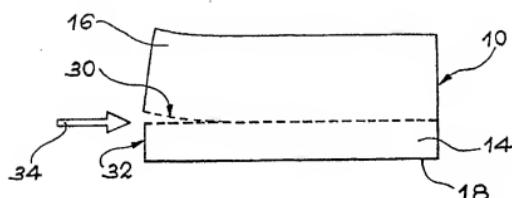


FIG. 2 B

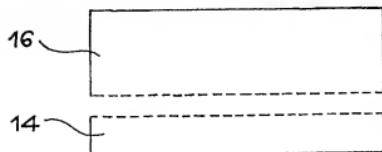


FIG. 2 C

3 / 3

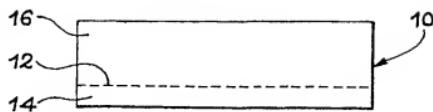


FIG. 3 A

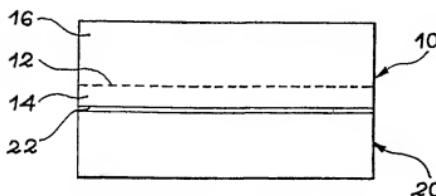


FIG. 3 B

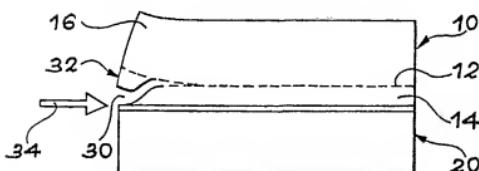


FIG. 3 C

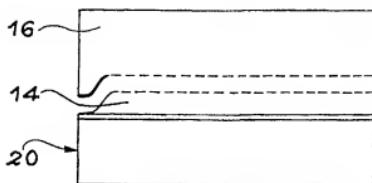


FIG. 3 D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/FR 01/02239A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 HO1L21/762 HO1L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 HO1L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 793 263 A (CANON KK) 3 September 1997 (1997-09-03) abstract; claims; figures 4-7 column 18, line 22 - line 32 column 18, line 45 - line 54	1-4,6,7, 13
Y	US 5 909 627 A (EGLOFF RICHARD) 1 June 1999 (1999-06-01) abstract; claims; figures 1,2	8-12
Y		8-12
		-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *B* earlier document not published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubt on priority, claim(s) or document used to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *C* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- *E* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be claimed to involve an inventive step if the document is taken alone

- *M* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

- *A* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the International search report

8 November 2001

15/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Palatinestr. 2
NL-2280 Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wirner, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 01/02239

C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AGARWAL A ET AL: "EFFICIENT PRODUCTION OF SILICON-ON-INSULATOR FILMS BY CO-IMPLANTATION OF He+ WITH H+" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 72, no. 9, 2 March 1998 (1998-03-02), pages 1086-1088, XPO00742819 ISSN: 0003-6951 abstract	1-4
A	US 5 994 207 A (HENLEY FRANCOIS J ET AL) 30 November 1999 (1999-11-30) abstract; claims; figures 6,6A,6B,7 column 8, line 43 - line 61	1-3,6,9, 10,12
A	EP 0 938 129 A (CANON KK) 25 August 1999 (1999-08-25) abstract; claims; figure 1C column 12, paragraphs 73,75	1-7,13
A	US 5 811 348 A (MATSUSHITA TAKESHI ET AL) 22 September 1998 (1998-09-22) abstract; claims; figures 5,6 column 5, line 3 - line 7	1-13
P,X	WO 00 63965 A (KANG STEN G ;MALIK IGOR J (US); SILICON GENESIS CORP (US)) 26 October 2000 (2000-10-26) abstract; claims; figures 6,8-10	1-3,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.
PCT/FR 01/02239

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0793263	A 03-09-1997		JP 9237884 A CA 2198552 A1 CN 1169025 A EP 0793263 A2 KR 238571 B1 SG 55280 A1 US 6294478 B1 US 2001024876 A1	09-09-1997 28-08-1997 31-12-1997 03-09-1997 15-01-2000 21-12-1998 25-09-2001 27-09-2001
US 5909627	A 01-06-1999		EP 1025580 A2 WO 9960605 A2	09-08-2000 25-11-1999
US 5994207	A 30-11-1999		AU 7685198 A CN 1255237 T EP 0995227 A1 WO 9852216 A1 US 6013567 A US 6291313 B1 US 6033974 A US 6284631 B1 US 2001026997 A1 US 6048411 A US 6159824 A US 5985742 A US 6146979 A US 6013563 A US 6010579 A US 6159825 A US 6155909 A US 6245161 B1 US 6162705 A US 6290804 B1 US 6187110 B1 US 6294814 B1	08-12-1998 31-05-2000 26-04-2000 19-11-1998 11-01-2000 18-09-2001 07-03-2000 04-09-2001 04-10-2001 11-04-2000 12-12-2000 16-11-1999 14-11-2000 11-01-2000 04-01-2000 12-12-2000 05-12-2000 12-06-2001 19-12-2000 18-09-2001 13-02-2001 25-09-2001
EP 0938129	A 25-08-1999		CN 1228607 A EP 0938129 A1 JP 3031904 B2 JP 11317509 A TW 437078 B	15-09-1999 25-08-1999 10-04-2000 16-11-1999 28-05-2001
US 5811348	A 22-09-1998		JP 8213645 A	20-08-1996
WO 0063965	A 26-10-2000		US 6171965 B1 US 6204151 B1 AU 4481100 A WO 0063965 A1 US 2001016402 A1	09-01-2001 20-03-2001 02-11-2000 26-10-2000 23-08-2001

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale N°
PCT/FR 01/02239A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 HO1L21/762 HO1L21/20

Selon la classification Internationale des brevets (CIE) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 HO1L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Bases de données électronique consultées au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 793 263 A (CANON KK) 3 septembre 1997 (1997-09-03) abrégé; revendications; figures 4-7 colonne 18, ligne 22 - ligne 32 colonne 18, ligne 45 - ligne 54	1-4,6,7, 13
Y	US 5 909 627 A (EGLOFF RICHARD) 1 Juin 1999 (1999-06-01) abrégé; revendications; figures 1,2	8-12
Y	-----	8-12
	-----	-----
	-----	-----

 Voir la partie du cadre C pour la fin de la liste des documents Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales des documents cités:

- *A* document délivrant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, malé publié à la date de dépôt international ou après celle-ci
- *L* document qui peut aider au cours d'une revendication de priorité ou aider à déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spécifique (telle qu'indiqué)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais ultérieurement à la date de priorité revendiquée

T document utilisant publiquement après la date de dépôt international ou la technique pertinente et n'appartenant pas à l'objet de la revendication pertinente, mais créé pour comprendre le principe ou la manière de fonctionnement de l'invention

X document particulièrement pertinent, mais dont la revendication ne peut être considérée comme pertinente ou comme invitant une activité inventrice par rapport au document considéré localement

Y document particulièrement pertinent, l'invention non revendiquée dans ce document étant inventrice de l'invention pertinente lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

A document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

8 novembre 2001

15/11/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Europeen des Brevets, P.B. 5818 Patenttaan 2
B-1025 VILSECK
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 051 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Werner, C

3

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale N°
PCT/FR 01/02239

C(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	AGARWAL A ET AL: "EFFICIENT PRODUCTION OF SILICON-ON-INSULATOR FILMS BY CO-IMPLANTATION OF HE+ WITH H+" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 72, no. 9, 2 mars 1998 (1998-03-02), pages 1086-1088, XP000742819 ISSN: 0003-6951 abrégué	1-4
A	US 5 994 207 A (HENLEY FRANCOIS J ET AL) 30 novembre 1999 (1999-11-30) abrégué; revendications; figures 6,6A,6B,7 colonne 8, ligne 43 - ligne 61	1-3,6,9, 10,12
A	EP 0 938 129 A (CANON KK) 25 août 1999 (1999-08-25) abrégué; revendications; figure 1C colonne 12, alinéas 73,75	1-7,13
A	US 5 811 348 A (MATSUSHITA TAKESHI ET AL) 22 septembre 1998 (1998-09-22) abrégué; revendications; figures 5,6 colonne 5, ligne 3 - ligne 7	1-13
P,X	WO 00 63965 A (KANG SIEN G ;MALIK IGOR J (US); SILICON GENESIS CORP (US)) 26 octobre 2000 (2000-10-26) abrégué; revendications; figures 6,8-10	1-3,5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale N°
PCT/FR 01/02239

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0793263	A	03-09-1997	JP	9237884 A CA 2198552 A1 CN 1169025 A EP 0793263 A2 KR 238571 B1 SG 55280 A1 US 6294478 B1 US 2001024876 A1	09-09-1997 28-08-1997 31-12-1997 03-09-1997 15-01-2000 21-12-1998 25-09-2001 27-09-2001
US 5909627	A	01-06-1999	EP WO	1025580 A2 9960605 A2	09-08-2000 25-11-1999
US 5994207	A	30-11-1999	AU CN EP WO	7685198 A 1255237 T 0995227 A1 9852216 A1 6013567 A 6291313 B1 6033974 A 6284631 B1 2001026997 A1 6048411 A 6159824 A 5985742 A 6146979 A 6013563 A 6010579 A 6159825 A 6155909 A 6245161 B1 6162705 A 6290804 B1 6187110 B1 6294814 B1	08-12-1998 31-05-2000 26-04-2000 19-11-1998 11-01-2000 18-09-2001 07-03-2000 04-09-2001 04-10-2001 11-04-2000 12-12-2000 16-11-1999 14-11-2000 11-01-2000 04-01-2000 12-12-2000 05-12-2000 12-05-2001 19-12-2000 18-09-2001 13-02-2001 25-09-2001
EP 0938129	A	25-08-1999	CN EP JP JP TW	1228607 A 0938129 A1 3031904 B2 11317509 A 437078 B	15-09-1999 25-08-1999 10-04-2000 16-11-1999 28-05-2001
US 5811348	A	22-09-1998	JP	8213645 A	20-08-1996
WO 0063965	A	26-10-2000	US US AU WO US	6171965 B1 6204151 B1 4481100 A 0063965 A1 2001016402 A1	09-01-2001 20-03-2001 02-11-2000 26-10-2000 23-08-2001